

Analisis Pengelolaan Bandwidth pada Jaringan Femtocell Backhaul Menggunakan Metode Probe Rate Model

Arga Nur Pratama¹, Fazmah Arif Yulianto², Anton Herutomo³

Program Studi Teknik Informatika Telkom University, Bandung

[1arganurx@gmail.com](mailto:arganurx@gmail.com) [2faz@telkomuniversity.ac.id](mailto:faz@telkomuniversity.ac.id) [3anton.herutomo@gmail.com](mailto:anton.herutomo@gmail.com)

Abstrak

Penelitian kali ini melakukan perbandingan ketersediaan bandwidth yang diukur oleh Pathload dan pathChirp pada jaringan 5G berbasis Femtocell Backhaul untuk menentukan mana yang paling akurat diantara keduanya. Untuk menentukan keakuratan diantara keduanya menggunakan formula Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang nantinya akan menghasilkan jumlah relative error dari pathChirp dan Pathload. Kedua program tersebut merupakan bagian dari active measurement yang menerapkan metode probe rate model. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui keakuratan dalam mengukur ketersediaan bandwidth dilakukan dengan menggunakan topologi simulasi yang mewakili peran masing – masing perangkat yang terdapat pada topologi sebenarnya femtocell backhaul. Dalam melakukan pengujian, terdapat dua scenario yang akan dijalankan oleh pathChirp dan Pathload, yaitu office dan public. Sehingga bisa diketahui pada scenario apa Pathload dan pathChirp bisa lebih akurat penggunaannya, berdasarkan nilai relative error yang dihasilkan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, pathChirp akan lebih tepat digunakan pada scenario office dan public. Sementara Pathload akan lebih tepat digunakan pada scenario office.

Kata Kunci : Probe Rate Model, Femtocell, Pathload, pathChirp, bandwidth.

Abstract

The present research do a comparison bandwidth availability as measured by Pathload and pathChirp at the 5G network-based Femtocell Backhaul to determine which are the most accurate of them. To determine the accuracy between them using the formula Mean Absolute Percentage Error (MAPE), which will generate an relative error of pathChirp and Pathload. Both programs are part of the active measurement that applies the probe rate model method. Tests were conducted to determine the accuracy in measuring the bandwidth availability is done by using the topology simulations that represent the role of each devices contained in the actual topology femtocell backhaul. In conducting the test, there are two scenarios that will be run by pathChirp and Pathload, the office and the public scenario. So, we can know in what scenario Pathload and pathChirp be more accurate to use, based on the relative error have generated. From the results of tests performed, pathChirp would be more appropriate to use in the office and public scenario. While Pathload would be more appropriate to use the office scenario.

Key Word : Probe Rate Model, Femtocell, Pathload, pathChirp, bandwidth.

1. Pendahuluan

Mobile Device secara sederhana adalah bentuk portable dari sebuah computer desktop. Namun memiliki spesifikasi yang lebih rendah disbanding computer. Namun tidak tertutup kemungkinan jika suatu saat spesifikasi yang dimiliki perangkat mobile bisa menyamai computer desktop. Bahkan sekarang sudah ada yang namanya smartphone yang lebih handal dibanding mobile device yang biasa. Memiliki fitur yang lebih banyak, seperti dapat melakukan pengolahan kata seperti office, streaming video, mendukung pemanggilan via IP pada Skype dan juga fitur lainnya.

Salah satu fitur yang paling penting pada smartphone adalah penggunaan internet access. Tanpa adanya fitur ini akan sulit bagi pengguna smartphone untuk bertukar data, terlebih lagi bagi yang aktif dalam dunia media sosial. Penggunaan jaringan pada perangkat mobile yang saat ini banyak dipakai di Indonesia masih 3G. Untuk jaringan 4G terlebih lagi 5G masih dalam proses tahapan menuju kesana. Masing – masing generasi jaringan memiliki fitur yang berbeda dan setiap tingkatan generasi jaringan merupakan bentuk penyempurnaan dari generasi sebelumnya. Oleh sebab itu beberapa tempat seperti perusahaan dan rumah menggunakan teknologi femtocell untuk bisa memperkuat dan memperluas jangkauan sinyal. Dengan begitu, data yang dapat diakses dari internet ataupun dalam melakukan proses pengiriman pesan dan pemanggilan dapat menghasilkan performa yang lebih baik.^[24]

Ada tantangan kedepannya yang harus dihadapi dan dipersiapkan untuk menuju ke tingkat jaringan generasi berikutnya. Termasuk yang akan dilakukan pada penelitian kali ini, yaitu melakukan analisis ketersediaan bandwidth pada trafik HTTP, FTP, RTSP, dan SIP. Ini menjadi hal penting dalam melakukan pengelolaan bandwidth, agar bandwidth yang disediakan sesuai dengan kondisi dimana jaringan tersebut dipasang. Tentunya akan merugikan dari sisi biaya juga ketika bandwidth yang disediakan ternyata berlebihan dari pemakaian user. Selain itu bisa menimbulkan kerugian juga bagi user ketika bandwidth yang dibutuhkan ternyata lebih banyak dibanding bandwidth yang telah disediakan. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengukuran estimasi ketersediaan bandwidth untuk bisa menyediakan bandwidth yang memang sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan.

Dengan mengetahui ketersediaan bandwidth dalam suatu jaringan keuntungan yang akan kita dapatkan adalah kita dapat membuat rute pilihan pada

overlay network, untuk verifikasi Quality of Service (Qos), network management dan traffic engineering .^[11] Metode yang dipakai disini adalah Probe Rate Model yang mana tools yang mengimplementasikan metode ini termasuk Pathload dan pathChirp. Dalam penelitian yang dilakukan menggunakan tools Pathload karena sampai saat ini tools tersebut merupakan yang paling populer dan paling akurat^[12]. Kemudian nanti akan dibanding kan juga dengan tools yang menggunakan metode yang sama yaitu pathChirp yang mengimplementasikan algoritma self-induced congestion. Sementara Pathload menerapkan algoritma Self-Loading Periodic Streams (SloPS). Dalam skenario uji yang dilakukan nanti akan terdapat tiga jenis skenario uji, home, office, dan public. Home yang masih dalam trafik yang kecil akan jauh lebih mudah diimplementasikan dibanding dengan pada office dan public yang memiliki bandwidth yang lebih besar

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Probe Rate Model

Probe Rate Model bekerja pada konsep Self-induced Congestion. PRM tidak merujuk pada kapasitas dari tight link dan tidak diasumsikan bahwa tight link itu sama dengan narrow link. Dalam situasi ini probe packet dikirim dalam sebuah train dengan menambahkan rate dan kalkulasi dari tujuan akhir train. Disini kita bisa menemukan turning point seperti yang ada pada gambar 3.4 dimana delay dari probe packet mulai bertambah. Berdasarkan sebuah train yang dikirim pada rate yang lebih rendah dari ketersediaan bandwidth akan terlihat delay yang biasa. Jika train dikirim pada rating yang lebih tinggi dari ketersediaan bandwidth packet train akan terjadi delay yang fatal karena ada cross traffic dalam link dan delay akan di amati dalam train packet. Untuk mendefinisikan ketersediaan bandwidth akan diperiksa turning point dimana one way delay dinisiasikan dan train mengirim rate yang mana merupakan pengukuran ketersediaan bandwidth dari end-to-end path.^[8]

2.2 Pathload

Pathload merupakan tool yang menerapkan metode Probe Rate Model untuk mengukur estimasi ketersediaan bandwidth. Pathload berisi dua komponen : proses SND yang berjalan pada host sender dan proses RCV yang berjalan pada host receiver. Dalam mengirimkan paket stream-nya, Pathload menggunakan User Datagram Protocol (UDP). UDP sendiri merupakan protokol yang digunakan untuk pengirimannya paket lightweight

atau yang berkapasitas ringan. Pathload mengirim paket dari sender menuju receiver. Lalu di receiver dilakukan observasi jarak dan loss rate dari paket tersebut. Karena di Pathload, algoritma estimasinya dijalankan di receiver. Oleh karena itulah di receiver akan dilakukan perhitungan pada stream terakhir. Ketika terjadi pengiriman rate pada link, akan dilakukan penaikan trend apabila jumlah ketersediaan bandwidth-nya lebih tinggi dibanding jumlah rate nya. Namun akan tetap konstan jika rate lebih rendah dibanding ketersediaan bandwidth. Disaat penaikan trend, disini dilakukan overload paket atau dengan kata lain dilakukan pengiriman paket lebih banyak lagi.

Pathload tidak menentukan rate $(R) > Available\ Bandwidth\ (A)$ hanya dengan single stream saja, tetapi dengan beberapa stream. Setelah semua stream dari sebuah fleet diterima, RCV (red-proses yang terdapat pada receiver) akan menentukan apakah $R > A$. Setiap stream berisi ukuran paket dan waktu transmit dalam hitungan detik. Semua stream dalam sebuah fleet memiliki rate yang sama, yaitu $rate\ (R) = \frac{Ukuran\ Paket\ (L)}{Waktu\ Transmisi\ (T)}$. Setiap stream yang dikirimkan dari sender ke receiver hanya akan dikirim jika stream yang sebelumnya telah direspon (acknowledged). Selain itu, dari tiap stream yang kemudian diterima, RCV akan mengukur loss rate dari stream tersebut. Jika stream mengalami loss $< 3\%$, maka stream akan ditandai sebagai lossy. Setelah itu RCV akan menginformasikan pada SND untuk menghentikan stream yang tersisa pada fleet. Begitu juga jika stream mengalami jumlah loss yang banyak ($> 10\%$), fleet tersebut akan secara langsung melakukan proses penghentian.^[9]

Cara Kerja Pathload :

1. Sender mentransmisikan periodik paket stream ke Receiver.
2. Stream yang dikirim tersebut berisi Panjang dari stream berupa K. Ukuran dari setiap paket adalah L bits, dan periode transmisi paket berupa T seconds. Untuk menghitung transmision rate adalah dengan membagi antara ukuran setiap paket dengan periode transmisi pakatnya.
3. Setelah paket tiba di Receiver, Receiver menghitung realtif One-Way Delay (OWD) dari setiap paket dengan persamaan:

$$D_i = a_i - t_i \tag{5}$$

Dimana D merupakan absolut delay one-way dari Sender ke Recevier. a_i merupakan Waktu tibanya paket di Recevier dan t_i adalah timestampanya.

4. Ketika stream diterima Recevier dilakukan pemeriksaan pada sequence relative OWD untuk mengetahui apakah Transmision Rate (R) lebih besar dari available bandwidth atau tidak.
5. Jika transmision rate (R) lebih besar dari available bandwidth maka terjadi peningkatan trend. Maksudnya peningkatan trend ini , stream menciptakan short-term overload yang membuat receiver menerima traffic jauh lebih besar.

$$R(n + 1) < R(n) \tag{6}$$

Hal ini terjadi dikarenakan efek dari Self-loading of the Periodic Stream (SloPS). Namun apabila Transmision Rate lebih kecil dari Available Bandwidth maka trend akan konstan.

6. Untuk mengetahui peningkatan trend, dilakukan persamaan berikut :

$$S_{PCT} = \frac{\sum_{k=2}^{\Gamma} I(\hat{D}_k > \hat{D}_{k-1})}{\Gamma - 1} \tag{7}$$

Jika Spct mendekati 1 maka disinilah peningkatan trend terjadi, namun jika Spct bernilai 0.5 maka One-Way Delay (OWD) akan independent.

Pada pathload, PCT metric terjadi peningkatan trend jika $Spct > 0.66$, Non-increasing trend jika $Spct < 0.54$.

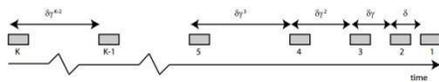
7. Diakhir, receiver akan akan mengestimasi minimal dan maxmimal ketersediaan bandwidthnya.

2.3 PathChirp

PathChirp adalah tool yang digunakan untuk menghitung estimasi ketersediaan bandwidth (Available Bandwidth Estimation) pada end-to-end. PathChirp juga termasuk kedalam active measurement, hal ini dikarenakan PathChirp tidak menerima suatu paket begitu saja seperti tcpdump ataupun wireshark. Melainkan PathChirp mengirimkan suatu paket stream diantara dua host yang menjadi sender dan receiver. Active

measurement melakukan injeksi sejumlah paket khusus (probe) kedalam jaringan. Karena pengukuran aktif melakukan injeksi, teknik ini bisa menghasilkan estimasi yang lebih akurat dibanding dengan pengukuran passif. Akan tetapi pengukuran active ini memiliki kekurangan, yaitu tidak efisien.

Hal ini disebabkan paket yang dikirimkan mengganggu traffic yang akan diukur dan berisi payload yang tidak berguna. Untuk melakukan estimasi ketersediaan bandwidth-nya, pathchirp mengirimkan chirp dari Sender ke Receiver lalu kemudian chirp tersebut dianalisa di Receiver. Berbeda dengan Pathload, PathChirp akan mengestimasi ketersediaan bandwidth disetiap chirp yang dihasilkan. Untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dari penghitungannya, chirp yang dikirim oleh PathChirp merupakan paket eksponensial. Maksud eksponensial disini adalah paket tersebut memiliki ukuran yang sama dan jarak antara paket akan berkurang secara eksponensial.



Gambar 1.1. Paket stream yang dikirim oleh Pathchirp

Di PathChirp, paket probe (chirp) yang dikirimkan dari sender ke receiver bersifat One-Way. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan pada traffic yang disebabkan oleh paket probe yang dikirimkan. Oleh sebab itulah estimasi ketersediaan bandwidth bisa dilakukan dari setiap chirp yang sampai di receiver. PathChirp memiliki waktu pemeriksaan (Probing) yang tetap berdasarkan spread factor, panjang stream, dan ukuran paket. ^[10]

Cara kerja PathChirp :

1. Sender mengirim stream spaced packet secara eksponensial yang disebut dengan Chirps pada path network (m=1,2,3..)
2. Model perhitungan yang dilakukan pada Pathchirp untuk meng-estimasi ketersediaan bandwidth adalah dengan memanfaatkan jarak antara packet train-nya
3. Parameter pathchirp adalah Probe Packet size P, Spread Factor Y, The Decrease Factor F, Busy period Threshold L, dan Interval Waktu T.

4. Jenis paket pada pathchirp adalah UDP dan setiap UDP paket yang dikirimkan membawa sender timestamp.
5. Di Pathchirp, probe packet hanya berjalan one-way dari sender ke receiver, lalu di receiver menampilkan estimasinya. Mirip dengan Pathload, yang melakukan estimasinya di receiver. Hanya dilakukan One-way saja untuk menghindari interfering probe chirp dari sender ke receiver.
6. Untuk menghitung available bandwidth

$$B[t - \tau, t] = \min_i \left(C_i - \frac{A_i[t - \tau + p_i, t + p_i]}{\tau} \right), \quad (8)$$

Dimana :

B = Available Bandwidth

C = Capacity

$[t - \tau, t]$ = Probes Transmitted

$[t - \tau + p_i, t + p_i]$ = Time Interval

2.4 Femtocell

Femtocell adalah teknologi yang digunakan untuk memperkuat sinyal ponsel atau WiFi tetapi ternyata di balik teknologi tersebut, bisa digunakan untuk banyak hal, terutama yang berhubungan dengan peralatan atau perlengkapan rumah tangga (household appliances). Menurut Vice President, David Nowicki dari Femtocell, teknologi ini nantinya memungkinkan ponsel mengontrol gadget dan perlengkapan rumah tangga mulai dari audio, lampu, oven, microwave, TV dan lainnya. Inilah teknologi yang akan diberi nama Home 2.0 dimana ponsel melalui koneksi internet (menggunakan IP address) bisa digunakan sebagai remote control universal. Masih menurut David Nowicki, nantinya hampir semua alat dan perlengkapan di rumah akan mempunyai alamat IP (IP address) di dalamnya sehingga memungkinkan kita untuk mengontrolnya melalui komputer maupun ponsel. ^[14]

Penambahan beberapa akses jaringan seperti femtocell dapat mempertahankan data rate yang tinggi dan menambah performa karena sistem tersebut dapat memberikan daya terima yang baik bagi user agar pelanggan dapat menerima QoS yang baik. Selain itu penggunaan Femtocell merupakan langkah yang efektif untuk meningkatkan kapasitas dan area cakupan layanan. ^[12].

2.5 Backhaul

Backhaul adalah link digunakan untuk menghubungkan proses transmisi data dari sumber ke tujuan. Dalam melakukan proses transmisi datanya, sumber akan mengirimkan data ke backhaul lalu backhaul akan meneruskan data yang dikirimkan dari sumber tadi ke host yang dituju.

Konteks backhaul yang dimaksud dalam penelitian kali adalah link yang kemudian menghubungkan antara femtocell dengan core network pada operator.

Pengertian secara umum backhaul adalah suatu jalur yang digunakan untuk transmisi data dari sumber ke tujuan. Dalam transmisi data, sumber akan melakukan penyerahan data kepada backhaul dan kemudian backhaul akan mentransmisikan dan menyerahkan informasi tersebut ke titik tujuan. Pada konteks ini, backhaul yang dimaksud adalah jaringan yang menghubungkan antara femtocell dengan core network pada operator. Pada teknologi jaringan generasi 5G, media transmisi yang digunakan adalah Gigabit Passive Optical Network (GPON).

2.6 Ketersediaan Bandwidth

Bandwidth merupakan lebar pita yang bisa menunjukkan seberapa besar jumlah data yang bisa dikirimkan. Sementara ketersediaan bandwidth (available bandwidth) adalah jumlah kapasitas yang tidak digunakan pada suatu link^[20]. Satuan yang umum digunakan untuk menyatakan jumlah kapasitas bandwidth suatu link adalah Kbps (Kilobit per second). Sejauh ini metode pengukuran jumlah ketersediaan bandwidth pada suatu link dibedakan menjadi dua yaitu passive measurement dan active measurement.

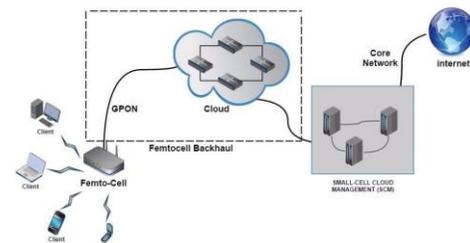
Passive measurement merupakan pengukuran ketersediaan bandwidth yang melakukan observasi pada suatu jaringan tanpa mengirimkan paket probe. Berbeda dengan active measurement yang metode pengukuran ketersediaan bandwidth-nya dilakukan dengan mengirimkan paket probe. Dan pada active measurement akan terdapat dua host nantinya untuk yang akan dijadikan sebagai host pengiriman paket yaitu sender dan host yang menerima paket yaitu receiver. Salah satu contoh passive measurement adalah tcpdump, wireshark dan juga beberapa tool lainnya. Sementara contoh active measurement Pathload, pathChirp, Spruce, ASSOLO dan lainnya.

Namun tool yang nantinya akan dipakai pada penelitian kali ini adalah pathChirp dan Pathload.

Beberapa keuntungan yang bisa didapatkan ketika mampu melakukan proses pengukuran ketersediaan bandwidth secara aktif adalah bisa melakukan monitoring jaringan, pemilihan server^[21] dan juga pemilihan route. Bahkan dari segi biaya juga memiliki dampak yang baik, karena dengan mengetahui berapa jumlah bandwidth yang tersedia akan menghemat proses pemberian kapasitas bandwidth pada suatu link. Sehingga tidak ada bandwidth yang terlalu besar, sementara penggunaan datanya kecil dan tidak ada bandwidth yang kecil, sementara penggunaan datanya besar.

3. Konfigurasi Jaringan

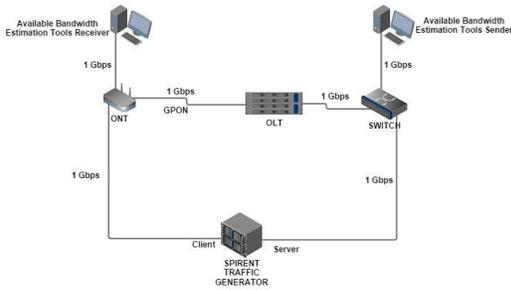
3.1 Topologi Rill Femtocell Backhaul



Gambar 3. 1 Topologi riil Femtocell Backhaul

Topologi pada gambar diatas adalah topologi umum biasanya diterapkan pada femtocell backhaul. Dimana perangkat elektronik seperti tablet, smartphone, laptop atau sejenisnya terhubung dengan femtocell. Karena femtocell sendiri memiliki fungsi untuk memperkuat sinyal dari perangkat tersebut. Femtocell tersebut menggunakan GPON sebagai media transmisinya untuk terhubung ke femtocell backhaul. Dan dari femtocell backhaul akan terhubung ke Small-Cell Cloud Manager (SCM) yang memiliki fungsi untuk perpindahan proses pengolahan data ke cloud, jika proses yang dilakukan pada perangkat logical telah mencapai batas tertentu dan SCM juga akan terhubung langsung dengan core network pada operator seluler.

3.2 Topologi Pengujian Ketersediaan Bandwidth



Gambar 3. 2 Topologi pengujian ketersediaan bandwidth

Topologi yang digunakan diatas merupakan bentuk pemodelan dari topologi femtocell backhaul yang sebenarnya. Dengan masing – masing perangkat yang terdapat pada topologi pengujian mewakili peran dari perangkat yang terdapat pada topologi femtocell backhaul yang sebenarnya. Terdiri dari Spirent Traffic Generator di sisi client yang mewakili setiap perangkat seluler yang terhubung pada femtocell untuk menerima transmisi data dari Spirent disisi server. Perangkat Optical Network Terminal (ONT) yang mewakili perangkat femtocell. Perangkat Optical Line Termination (OLT) yang mewakili perangkat Cloud. Perangkat Switch yang mewakili Small-Cell Cloud Manager (SCM). Perangkat Spirent Traffic Generator pada sisi server yang mewakili core network dari operator untuk men-generate data trafik ke bagian client. Link antara ONT sampai dengan switch mewakili peran dari femtocell backhaul. Masing – masing link yang digunakan memiliki kapasitas transmisi data sebesar 1 Gbps berdasarkan pada spesifikasi dokumen TROPIC D51 halaman 43.

3.3 Skenario Pengujian Sistem

Parameters	Office	Public
Service Load:		
• HTTP 1.1	37.6 %	37.6 %
• FTP	9 %	9 %
• RTSP	46.8 %	46.8 %
• SIP	6.3 %	6.3 %
Number of users (max)	500	2500
Traffic Model	Random	Random
Technology	GPON	GPON
Backhaul bandwidth	1 Gbps	1 Gbps
Test time	1800 second	1800 second

Tabel 3. 1 Tabel Pengujian skenario office dan public

Pada tabel diatas bisa dilihat bahwa dalam penelitian kali ini akan dilakukan dengan dua skenario, office dan public. Skenario office yang dilakukan pada

penelitian ini menggambarkan kondisi area perkantoran, oleh sebab itu jumlah user yang terdapat pada skenario ini lebih sedikit dibandingkan dengan skenario public yang memiliki jumlah user sebanyak 2500. Hal ini dikarenakan skenario public menggambarkan area terbuka seperti taman kota, alun – alun, city walk yang tentunya terdapat banyak orang – orang pada area tersebut. Faktor tersebutlah yang kemudian menjadikan mengapa jumlah user yang terdapat pada skenario public jauh lebih banyak daripada skenario office.

3.4 Alur Pengujian Sistem

Penelitian dimulai dengan mencari referensi yang berkaitan dengan metode Probe Rate Model, femtocell backhaul, pathChirp, Pathload dan juga hal lain yang memiliki kaitannya dengan penelitian yang dilakukan. Dengan informasi yang diperoleh dari pencarian referensi tentunya akan menentukan juga bagaimana langkah kedepannya dilakukan. Hal ini juga akan mempengaruhi bagaimana nantinya proses perancangan dan juga pengolahan data yang didapat pada penelitian kali ini. Jika informasi dan data telah didapat, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah dengan merancang topologi jaringan yang digunakan dengan memodelkan topologi femtocell backhaul yang sebenarnya. Namun dalam proses perancangan tersebut juga mengacu pada dokumen TROPIC D51.

Setelah perancangan topologi dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah membuat skenario yang nantinya akan digunakan dalam pengujian. Dalam pembuatan skenario tersebut juga mengacu pada dokumen TROPIC D51, sehingga didapat dua skenario yang akan diimplementasikan, office dan public. Kedua skenario ini nantinya akan dipakai pada pathChirp dan Pathload pada saat proses pengujian dilakukan. Berikutnya, akan dilakukan konfigurasi pada perangkat – perangkat yang digunakan seperti Spirent, PC, dan switch.

Untuk mengkonfigurasi Spirent dibutuhkan dua program yang bernama Spirent Test Center (STC) dan juga Spirent Avalanche Commander. STC ini nantinya akan berfungsi untuk mengubah layer berapa yang digunakan pada saat proses pengambilan data berlangsung. Jadi, pada proses pengambilan data nanti dilakukan layer yang digunakan adalah dari layer 4 – 7. Setelah layer yang akan digunakan sudah di konfigurasi, maka berikutnya akan digunakan Spirent Avalanche Commander untuk mengkonfigurasi jenis trafik datanya, jumlah user, dan juga durasi waktunya. Untuk Switch dikonfigurasi terlebih dahulu untuk menentukan port mana saja yang digunakan dan agar bisa terhubung ke kabel GPON dari Optical Line Terminal (OLT). Untuk PC yang perlu dikonfigurasi

adalah dengan menyesuaikan alamat IP address yang akan digunakan dengan alamat IP address dari Spirent.

Setelah bagian perangkat telah selesai dikonfigurasi semua, maka tahap berikutnya adalah melakukan instalasi Pathload dan pathChirp pada kedua PC yang ada. Karena nantinya setiap menjalankan Pathload ataupun pathChirp akan dibutuhkan dua PC yang menjadi sender maupun receiver. Setelah dilakukan instalasi, program yang digunakan akan dijalankan secara sekuensial. Maksudnya adalah Pathload dan pathChirp tidak dijalankan bersamaan, melainkan secara bergantian.

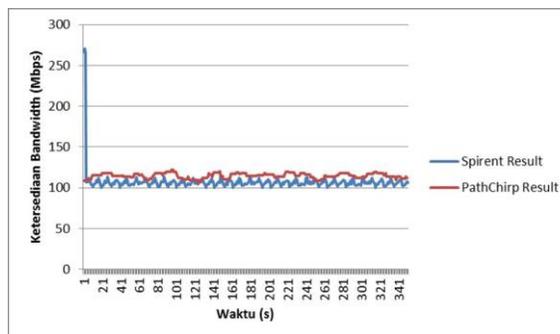
Ketika proses pengambilan data berlangsung, Spirent Avalanche Commander, Pathload ataupun pathChirp akan dijalankan bersamaan. Karena Spirent yang akan generate trafiknya, lalu Pathload ataupun pathChirp yang akan melakukan pengukuran estimasi ketersediaan bandwidth. Proses pengambilan data dilakukan selama 1800 detik per skenario yang dijalankan. Setiap pengambilan data telah selesai, Spirent akan menghasilkan log berupa filetype .csv yang terdiri dari banyak kolom didalamnya, namun yang akan dipakai nantinya hanyalah kolom outgoing traffic dan incoming traffic. Sementara log yang dihasilkan oleh Pathload dan pathChirp berupa text yang berisi timestamp dan estimasi ketersediaan bandwidthnya. Khusus untuk Pathload, isi lognya memiliki data lebih rinci dibandingkan isi log pathChirp.

Setelah semua data yang dibutuhkan telah didapat, maka akan dilakukan pengolahan datanya lalu dianalisa. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data tersebut adalah Spirent Result Analyzer untuk mengolah data dari Spirent-nya. Sedangkan untuk mengolah data dari log Pathload dan pathChirp menggunakan notepad++ dan Microsoft Excel 2010.

4. Analisis Hasil Pengujian

4.1 Hasil Pengujian pada Skenario Office

4.1.1 Hasil Pengujian PathChirp

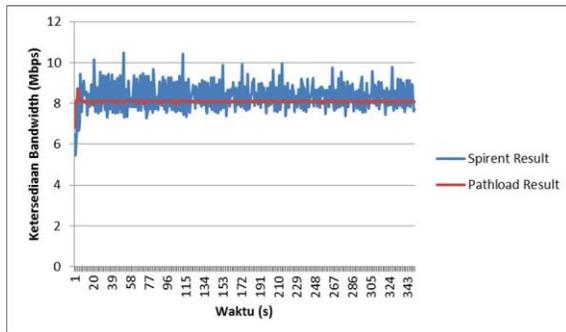


Gambar 4. 1 Perbandingan hasil pengukuran ketersediaan bandwidth pada PathChirp dengan Spirent pada skenario Office

Salah satu keunggulan pathChirp adalah metodenya dalam mengukur estimasi bandwidth dalam suatu link. Dalam setiap paket chirp yang dikirimkan, akan langsung dilakukan perhitungannya di receiver. Melihat pada grafik diatas terjadi inkonsistensi data trafik pada detik ke-1 hingga detik ke-292, oleh sebab itu perbandingan tidak bisa dilakukan pada range tersebut. Terjadinya inkonsisten traffic tersebut disebabkan konfigurasi awal yang dilakukan pada Spirent, bukan dikarenakan adanya traffic dari pathChirp. Karena pathChirp tidak mengirimkan paket chirpnya dengan interval yang sama, namun paket chirp yang dikirimkan pathChirp dilakukan secara eksponensial. Sehingga dengan cara tersebut paket chirp yang dikirimkan menjadi lebih efisien dan tidak mempengaruhi jumlah traffic yang sebenarnya didalam suatu link. Namun setelah detik berikutnya, traffic terlihat lebih konsisten hingga akhir, sehingga darisitu kemudian bisa dilakukan perbandingan antara traffic dari Spirent dengan hasil pengukuran pathChirp. Hasil pengukuran rata – rata dari pathChirp adalah 112,9 Mbps sedangkan traffic dari Spirent adalah 141,8 Mbps yang menunjukkan interval yang tidak terlalu jauh. Lalu rata - rata relative error^[18] dari hasil perbandingan pathChirp dengan Spirent adalah 18%. Semakin kecil persentase

yang dihasilkan maka semakin baik dan semakin akurat tools tersebut. Nilai relative error yang kecil ataupun menjadi penunjuk semakin akuratnya tools tersebut dipengaruhi cara kerja pengiriman paket chirp dari pathChirp tersebut yang mengirimkan chirp secara exponential^[18]. Sehingga bisa menghasilkan estimasi bandwidth yang lebih akurat.

4.1.2 Hasil Pengujian Pathload



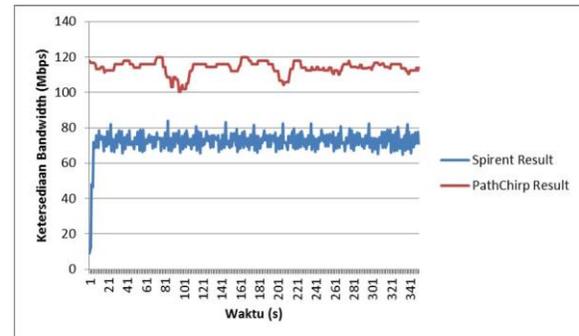
Gambar 4. 2 Perbandingan hasil pengukuran ketersediaan bandwidth pada Pathload dengan Spirent pada skenario Office

Pathload Available Bandwidth Estimation :
 Available bandwidth range : 8.11 - 8.11 (Mbps)
 Measurement latency is 1805.08 sec

Jumlah ketersediaan bandwidth yang dihasilkan Pathload jauh lebih sedikit dibanding dengan ketersediaan bandwidth yang terdapat pada skenario home. Hal ini merupakan pengaruh dari jumlah user yang semakin banyak dan juga komposisi dari setiap traffic yang berbeda yaitu HTTP = 37,6 %, FTP = 9 %, RTSP = 46,8 %, dan SIP = 6,3 % begitu juga dengan jumlah user yang semakin besar 500 user. Hal inilah yang kemudian menjadi penyebab mengapa jumlah ketersediaan bandwidth pada skenario office ini jauh lebih sedikit dibanding dengan hasil ketersediaan bandwidth pada skenario home. Jika melihat hasil log yang tertera pada lampiran, hampir semua fleet yang diterima pada receiver menampilkan adanya kenaikan trend. Seperti yang telah disebutkan diatas, bahwa jika terjadi kenaikan trend ini menandakan jumlah stream rate yang ada lebih besar daripada jumlah ketersediaan bandwidth yang ada. Pada pengukuran di skenario office berikut Pathload memiliki relative error rata – rata 7% dengan rata – rata bandwidth yang tersedia adalah sebanyak 8.1 Mbps.

4.2 Hasil Pengujian pada Skenario Public

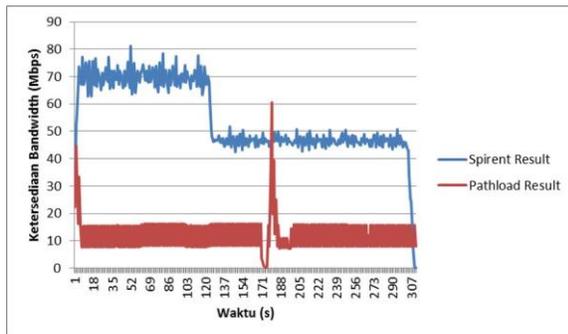
4.2.1 Hasil Pengujian PathChirp



Gambar 4. 3 Perbandingan hasil pengukuran ketersediaan bandwidth pada PathChirp dengan Spirent pada skenario Public

Jumlah ketersediaan bandwidth yang dihasilkan oleh pathChirp diskenario public juga memiliki kecenderungan yang sama, yaitu tetap stabil. Maksudnya adalah kenaikan dan turnnya jumlah ketersediaan bandwidth yang diukur oleh pathChirp tidak memiliki perbedaan yang jauh. Hal ini sesuai dengan cara kerja pathChirp yang hanya melakukan One-Way saja, sehingga tidak mempengaruhi traffic yang ada dan juga dilakukan pengukuran disetiap chirp yang diterima oleh receiver. Terlihat jelas bahwa jumlah ketersediaan bandwidth yang dimiliki lebih sedikit dibanding dengan pada skenario office. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan jumlah user yang lebih banyak pada skenario public. Rata – rata ketersediaan bandwidth pada skenario ini dari hasil pengukuran pathChirp adalah 113.8 Mbps. Dan relative error pathChirp pada skenario public memiliki nilai rata – rata 53%. Memiliki jumlah lebih persentase yang lebih besar dibanding dengan nilai relative error pathChirp pada skenario office.

4.2.2 Hasil Pengujian Pathload



Gambar 4. 4 Perbandingan hasil pengukuran ketersediaan bandwidth pada Pathload dengan Spirent pada skenario Public

Pathload Available Bandwidth Estimation :

Available bandwidth range : 0.93 - 0.46 (Mbps)

Measurement latency is 71.03 sec

Available bandwidth range : 33.35-16.29 (Mbps)

Measurement latency is 513.42 sec

Pada skenario publik, terlihat bahwa proses pengukuran ketersediaan bandwidth mengalami terminate dengan menggunakan tools Pathload. Hal ini dikarenakan Pathload memiliki mekanisme loss packet detection, sehingga Pathload akan melakukan terminate ketika ketersediaan bandwidthnya sekitar 10%. Jumlah range yang dimiliki memiliki selisih yang lebih sedikit dengan yaitu sekitar 17.05 Mbps dibanding dengan selisih yang terdapat pada skenario home yaitu sebanyak 33.56. Proses terminate dan jumlah ketersediaan bandwidth yang lebih sedikit ini dikarenakan jumlah user yang lebih banyak, yaitu 2500 user. Proses terminate ini terjadi ketika paket loss yang diterima pada receiver itu <3%, apalagi jika paket loss tersebut hingga <10%, maka pengiriman stream dari setiap fleet akan langsung berhenti. Maka dari itu, terjadi proses terminate sebanyak tiga kali diatas. Jumlah user 2500 merupakan jumlah user yang paling banyak dibanding dengan skenario lainnya. Dengan kondisi seperti ini, Pathload tidak cocok jika digunakan untuk jumlah user banyak, karena dengan jumlah user yang banyak bandwidth yang dibutuhkan tentu akan lebih banyak, jika ketersediaannya kurang dari <10% justru Pathload akan melakukan terminate. Pada pengukuran kali Pathload di skenario public ini, Pathload memiliki relative error sebesar 77%. Semakin besar relative

error^[18] yang ada menunjukkan semakin tidak akuratnya tool tersebut.

4.3 Analisa Keseluruhan Hasil Pengujian

PathChirp yang memiliki kemampuan untuk mengestimasi ketersediaan bandwidth pada setiap chirp yang tiba di receiver akan sangat cocok jika digunakan bagi user yang banyak (office dan public). Selain itu, alasan lainnya adalah karena pathChirp tidak memiliki mekanisme packet loss detection yang berarti seberapa pun ketersediaan bandwidth yang ada, pathchirp akan tetap berjalan. Dengan banyaknya jumlah user pada skenario office (2500 user) dan public (500 user) namun dengan kapasitas link yang sama yaitu 1Gbps, akan sangat mungkin terjadi ketersediaan bandwidth mencapai 10%. Oleh sebab itu, pathChirp sangat tepat jika digunakan pada jaringan yang memiliki jumlah user yang banyak. Berdasarkan relative error yang dihasilkan dari pathChirp, peromansi terbaiknya pathChirp juga terdapat pada skenario office (18%) dan public (53%) yang mana relative error ini menunjukkan bahwa semakin kecil persentase yang dihasilkan maka semakin akurat tools tersebut.

Pathload memiliki mekanisme packet loss detection yang membuat pengiriman stream menjadi terhenti. Dengan begitu, secara otomatis running pathload akan berhenti juga. Hal ini terjadi jika ketersediaan bandwidth pada suatu link berjumlah < 10%. Seperti pada pengujian pathload di skenario public, terjadi proses terminate pada tool pathload dikarenakan ketersediaan bandwidth-nya < 10%. Pathload akan tepat digunakan pada jaringan yang memiliki jumlah 500 user (office). Hasil log yang terdapat pada pathload juga menampilkan secara detail kondisi ketersediaan bandwidthnya. Selain menampilkan jumlah bandwidthnya, pada log pathload juga menampilkan apakah pada saat pengiriman stream terjadi peningkatan trend atau tidak. Jika memang terjadi peningkatan trend, ini menandakan jumlah stream rate-nya lebih besar dibanding dengan ketersediaan bandwidth pada link tersebut. Berdasarkan hasil persentase relative error yang dihasilkan Pathload, peromansi terbaiknya cocok digunakan pada office (8%). Dengan melihat relative error yang dihasilkan Pathload, tools berikut akan lebih tepat digunakan pada skenario office.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian diatas, pathChirp sangat tepat digunakan pada skenario office dan public karena memiliki jumlah relative error yang kecil dibanding dengan pathload.
2. Dari perfomansi yang dihasilkan oleh Pathload, Pathload akan lebih baik digunakan pada skenario office, karena memiliki Pathload memiliki nilai relative error yang kecil pada skenario office namun tidak tepat jika dipakai pada public karena memiliki nilai relative error yang besar.

5.2 Saran

Untuk pengujian terkait tugas akhir ini, diharapkan bisa dilakukan dengan jumlah user yang lebih banyak dengan topologi jaringan yang berbeda juga. Karena kedepannya dengan adanya teknologi 5G jumlah user akan jauh lebih banyak dan memiliki model topologi yang berbeda lagi. Khususnya lagi pada teknologi 5G yang banyak bermain di cloud.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tudzarov. Aleksandar, Janevski. Toni, Protocols and Algorithms for the Next Generation 5G Mobile Systems, Macrothink Institute , vol 3 no 1 2011.
- [2] Goldoni. Emanuele, Rossi. Giuseppe, Alberto Torelli, ASSOLO: an Efficient Tool for Active End-to-end Available Bandwidth Estimation, International Journal on Advances in Systems and Measurements, vol 2 no 4, 2009.
- [3] Kayange. Daniel S, Sam. Anael, Sinda Ramadhani, Pathload for Available Bandwidth Estimation Techniques (ABETs) for an Efficient Telemedicine Content Transport Network, International, International Journal of Advancements in Research & Technology, Volume 2, Issue 8, August-2013.
- [4] Botta. Alessio, Davy. Alan, Brian Meskill, Aceto Giuseppe. Active Techniques for Available Bandwidth Estimation: Comparison and Application.
- [5] Cryderman, Jesse. 5G and the Future of Wireless Networks, Pipeline Technology for Services Providers, Volume 10, Issue 5
- [6] Goldoni. Emanuele, Rossi. Giuseppe, Torelli. Alberto, ASSOLO: a New Method for Available Bandwidth Estimation, Fourth International Conference on Internet Monitoring and Protection, 2009
- [7] Jager. Fabian, Bandwidth Estimation in Networks, 23 September 2013.
- [8] Haider. Saqlain, and Singh. Harpal, Available Bandwidth Measurement in 4G Networks, Lulea University of Technology, Sweden.
- [9] M. Jain and C. Dovrolis, "Pathload : a measurement tool for end-to-end available bandwidth," University of Delaware : Computer and Information Sciences, Delaware.
- [10] B.Halya, R. P. Astuti and H. Hariyanto, "Teknik Admission Control Berdasarkan Kondisi Ketersediaan Bandwidth pada Jaringan Small-Cell LTE," Institut Teknologi Telkom : Fakultas Elektro dan Komunikasi, Bandung.
- [11] "5G," Wikipedia.org, [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/5G>. [Accessed 30 Oktober 2014].
- [12] Kobayashi. Daisuke, Hasegawa. Go, Masayuki Murata; "Evaluation and improvement of end-to-end bandwidth measurement method for power-saving routers", Osaka Univeristy, Japan
- [13] Muryono. Aji Hidayat, Hendranto. Gamantyo, Devy Kuswidiastuti, "Desain dan Analisa Kerja Femtocell LTE-Advanced Menggunakan Metode Inter Cell interference Coordination" Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
- [14] Otakku, "Femtocell: teknologi yang akan memungkinkan ponsel mengontrol semua peralatan dalam rumah", <http://www.otakku.com/2008/08/01/femtocells-the-future-of-technology-with-concept-home-20>.
- [15] Becvar. Zdeneck, Vondra. Michal, Jan Plachy "Distributed computing, storage and radio resource allocation over cooperative femtocells" , ICT-318784 STP TROPIC.

- [16] Papageorgiou. Pavlos," The Measurement Manager: Modular and Efficient End-to-End Measurement Services ", Associate Professor Michael Hicks, Department of Computer Science, Department of Electrical and Computer Engineering
- [17] Muryono. Aji Hidayat, Hendrantoro. Gamantyo, Devy Kuswidiastuti, "Desain dan Analisa Kerja Femtocell LTE-Advanced Menggunakan Metode Inter Cell interference Coordination" Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
- [18] Ait. Ahmed Ali, Michaut. Fabien and Francis Lepage, " End-to-End Available Bandwidth Measurement Tools: A Comparative Evaluation of Performances", Faculté des Sciences et Techniques, CRAN (Centre de Recherche en Automatique de Nancy)
- [19] Farshad. Arsham, Myungjin Lee, Mahesh K Marina, dan Fransisco Garcia. " On the Impact of 802.11n Frame Aggregation on End-to-End Available Bandwidth Estimation", The University of Edinburgh, ‡ Agilent Technologies
- [20] Strauss. Jacob, Dina. Katabi and Frans Kaashoek. A Measurement Study of Available Bandwidth Estimation Tools. MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory.
- [21] Ekelin. Svante, Nilsson. Martin, Erik Hartikainen, Andreas Johansson, Jan-erik Mangs, Bob Melander, and Mats Bjorkman. Real-Time Measurement of End-to-End Available Bandwidth using Kalman Filtering. Ericsson Research, Stockholm, Sweden.
- [22] Skubic. Bjorn, Chen. Jiajia, Jawwad Ahmed, Lena Wosinka, and Biswanath Mukherjee. A Comparison of Dynamic Bandwidth Allocation for EPON, GPON, and Next-Generation TDM PON. In IEEE Communications Magazine, March 2009.
- [23] Swanson. David A, Tayman. Jeff and T.M. Bryan, MAPE-R: A Rescaled Measure of Accuracy for Cross-Sectional Forecasts, University of California Riverside.
- [24] Mitra. Edukasi, Femtocell vs Wifi Offloading. 5 Juli 2015. <http://melc.mitra-edukasi.com/femto-cell-vs-wifi-offloading>.